

Journal of Non-Linear Mechanics vol. 43 issue 6 July, 2008. p. 527-541. **7.** Електрична центрифужна напівавтоматична соковижималка: Патент 77192 України, МПК G01M 1/32 / Г. Б. Філімоніхін, В. В. Гончаров; власник патенту Кіровоградський нац. техн. університет. – № u201203340; заявл. 20.03.2012; опубл. 11.02.2013, Бюл.№3. – 4 с. : іл. **8.** Філімоніхін, Г. Б. Експериментальне дослідження зрівноваження кульовими автобалансирами крильчатки осьового вентилятора / Г. Б. Філімоніхін, В. В. Яцун // Всеукраїнський н.-т. журнал „Вібрації у техніці та технологіях”. – 2007. №2 (47), с. 26–32 **9.** Яцун, В. В. Експериментальне дослідження ефективності зрівноваження крильчаток осьових вентиляторів пасивними автобалансирами / В. В. Яцун, Г. Б. Філімоніхін // Загальнодержавний міжвідомчий н.-т. збірник “Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин”. – 2008, вип. 38, с. 100–105. **10.** ГОСТ 1940-1-2007. Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Способ списания. – Взамен ГОСТ 22061-76. Срок действия с 01.07.08. Ограничение срока действия снято. – Группа Г02.

Поступила в редколлегию 25.11.2013

УДК 62-752+62-755:641.514.7-83:006.354

Стенд центробежной соковыжималки с автобалансиром для определения оптимальных значений параметров автобалансира / Филimoniхин Г. Б., Гончаров В. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.22-27. – Бібліогр.: 10 назв.

На основі відцентрової соковижималки вітчизняного виробництва створений натуральний стенд, призначений для проведення багато- і повнофакторних експериментів з метою знаходження оптимальних значень параметрів автобалансира. Запропонована методика по наладці і тестуванню стенда. Оцінюється ефективність роботи автобалансира.

Ключові слова: стенд, відцентрова соковижималка, дисбаланс, автобалансир, зрівноваження.

On the basis of centrifugal juicer with a cylindrical filter-sieve set up a stand designed for multi-and full-factorial experiments in order to find the optimal values of the parameters of autobalancer. Were purposed the technique for setting up and testing of the stand. Were evaluated the effectiveness of the auto-balancer.

Keywords: stand, centrifugal juicer, imbalance, auto-balancer, balancing

УДК 629.017

В. П. САВЧУК, канд. техн. наук, доц., Херсонская государственная морская академия

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСКИ MACPHERSON НА ПРИМЕРЕ АВТОМОБИЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ВАЗ 2110

В статье приведены результаты моделирования движения элементов конструкции подвески MacPherson переднеприводных автомобилей семейства ВАЗ 2110 при наезде на кочку. Приведены значения линейного перемещения, скорости и ускорения элементов подвески в зависимости от жесткости амортизатора.

Ключевые слова: подвеска, амортизатор, жесткость, модель.

Введение. В связи со стремительным развитием автомобильного транспорта, и повышением требований к комфорту и безопасности движения появляется необходимость исследования для правильной комплектации подвески необходимыми амортизаторами.

На один и тот же автомобиль по желанию водителя можно установить множество разнообразных видов амортизаторов, отличающихся не только по качеству, но и по техническим характеристикам. При покупке автомобиля одной и

той же модели, разный покупатель предпочтет более мягкую подвеску для комфортной езды, или более жесткую, для агрессивной.

На сегодняшний день, одной из самых распространенных типов подвесок переднеприводных автомобилей особо малого, малого и среднего классов является подвеска MacPherson или «качающаяся свеча».

Постановка проблемы. Анализ литературных источников [1-5], описывающих характеристику и выбор упругих и гасящих элементов подвески, показал отсутствие инженерных методов расчета и подбора их характеристик.

В работе [1] приводятся требования, которым должна удовлетворять подвеска автомобиля, для обеспечения плавности хода. Подвеска должна обеспечивать определённый закон изменения вертикальной реакции на колесо R_z в зависимости от величины прогиба подвески f . В некотором диапазоне изменения нагрузок, близком

© В. П. САВЧУК, 2013

статической $R_{zст}$, характеристики подвески легковых автомобилей должны обеспечивать оптимальную частоту колебаний 0,8...1,2 Гц.

В работе [2] приводятся методы расчетов упругих элементов подвески автомобилей, но отсутствуют методы расчета демпфирующих.

Оснащение современных автомобилей амортизаторами с переменными характеристиками [6,7] частично позволяют решать данную проблему, но их высокая стоимость не всегда позволяет их применить на автомобилях малого и среднего классов. Важной задачей при выборе элементов подвески является адаптация их к условиям эксплуатации. Наличие на дорожном полотне как бугорков так и выбоин, а зачастую и эксплуатация транспортных средств по насыпным и грунтовым дорогам приводит к пробоям подвески и снижению устойчивости автомобилей на дорогах.

Для изучения влияния характеристик подвески на колебания кузова автомобиля целесообразно использование программных комплексов твердотельного моделирования [8,9], которые позволяют с минимальными материальными затратами произвести в кратчайшие сроки расчет параметров упругих и демпфирующих элементов подвески. Полученные результаты позволяют упростить выбор жесткости пружин и амортизаторов.

Целью этой работы является определение зависимости между упругими и динамическими параметрами подвески MacPherson переднеприводных автомобилей с учетом условий эксплуатации.

Создание твердотельной модели подвески. Основными исходными данными данного моделирования являются усилие на штоке амортизатора, заводские параметры амортизатора приведены в табл. 1. Жесткость пружины, жесткость колеса, массогабаритные показатели неподрессоренных масс [10].

Амортизатор (каталожный номер 2110-2905002/003), двухтрубного типа, гидравлический, диаметр штока 22 мм, наружный диаметр резервуара 52 мм, длина в сжатом положении $L_{сж} = 361,9$ мм, ход штока $H = 167,4$ мм, длина в растянутом состоянии $L_p = 529,3$ мм

Таблица 1 – Заводские параметры жесткости амортизатора

Усилие сопротивления, Н (при скорости поршня м/с)			
Сжатие		Растяжение	
Дроссельный	Клапанный режим	Дроссельный	Клапанный режим

режим		режим	
94	153	612	752
(0,105)	(0,314) 487 при 1м/с	(0,105)	(0,314)

При данных исследованиях применялась жесткость амортизатора $k_x = 0,487$ Н/(мм/с) поскольку целью исследования является исследование процесса наезда на кочку, а также в связи с невозможностью задать двухстороннюю характеристику амортизатора, принят параметр жесткости, как на сжатие, так и на растяжение.

Основные характеристики *пружины* приведены в табл. 2.

Массы рычагов и прочих неподрессоренных элементов, были получены в процессе твердотельного моделирования.

На автомобиле ВАЗ 2110 на стальной диск 2J-13H2, (вылет 35 мм, крепежные отверстия 4×98×58,5) устанавливается шина 175/70R13.

Таблица 2 – Характеристики пружины

Параметр	Значение
Каталожный номер	2108-2902712
Диаметр прутка до навивки, мм	12,9±0,05
Внутренний диаметр пружины, мм	124,8±1,0
Толщина покрытия, мм	0,1±0,05
Полное число витков	7±0,05
Число рабочих витков	5,5
Высота пружины в свободном состоянии, мм	383,5
Контрольная нагрузка, Н	3188±118
Высота пружины при контрольной нагрузке, мм	211
Жесткость пружин, Н/м	18620±590

При разработке модели допускаем определенные упрощения, которые помогут сократить время счета модели.

Выполненная модель подвески, состоит из основных элементов, таких как стойка амортизатора, поворотного кулака, тормозного диска, рычагов подвески, рычага рулевого управления (рис. 1), шарниров и винта, которым фиксируется резинометаллический шарнир. Они зафиксированы между собой и имитируют кузов автомобиля. К ним будет добавлен сам вес автомобиля (на модели представлен в форме куба массой 3188 Н). Также вводим в дополнительную деталь вес не учитываемых элементов, таких как: суппорт (3,0 кг), тормозные колодки (1,0 кг), защитный кожух (0,1 кг) колесные винты и прочие метизы (0,15 кг), шарнир равных угловых скоростей ШРУС (1,9 кг) в размере 6,15 кг.

Подвижность данного объекта обеспечивается посредством цилиндрических и сферических шарниров. В качестве основного упругого элемента выступает пружина, она закреплена на модели между двумя стаканами на штоке и цилиндре амортизатора.

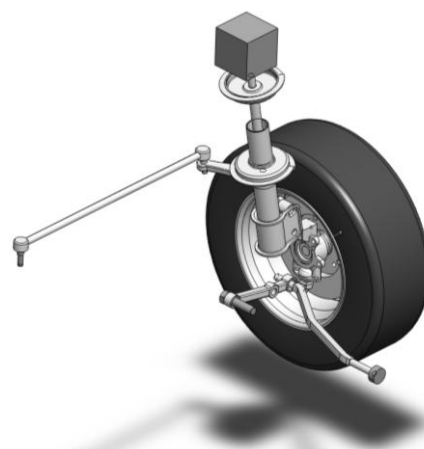


Рис. 1 – Твердотельная модель подвески (передняя левая стойка)

Крепление модели производим при помощи специальных «стаканов». Цилиндрические шарниры заменяют парой сопряжений: «концентричность и совпадение», оставляя только одну степень подвижности элементу (вращение вокруг своей оси) сферические шарниры в модели обеспечена при помощи условия концентричности двух сферических поверхностей (оставляя шарниру 3 степени подвижности).

Модель кочки представляет укатанную выпуклость на дороге, высотой 50 мм, с радиусом 1625 мм, с радиусами окружности 1000 мм на участке ровного дорожного полотна (рис. 2).

Взаимодействия колеса с дорогой моделируем через параметр «контакт» позволяющие моделировать взаимодействие тел. Задаем свойства контактирующих элементов:

– свойства упругости: $\nu_k = 10,16$ мм/с; $\mu_k = 0,8$;

– статическое трение: $\nu_s = 0,10$ мм/с; $\mu_s = 0,8$;

– свойства упругости: жесткость 8000 Н/мм; показатель жесткости 2; максимальное

демпфирование 1,47 Н/(мм/с); проникновение 0,10 мм.

Задаем основные значения силы: сила гравитации (параллельно оси Y), коэффициент ускорения свободного падения 99806,65 мм/с².

Также для быстрого набора скорости модели задаем линейный двигатель модели (к крепежным стаканам, выполняющим роль кузова) со скоростью перемещения 16,67 м/с и двигатель, вращающий колесо.

Пружина заменена условием «линейная пружина» с соответствующей линейной жесткостью, принимая значения пружины класса A , и клапана внутри амортизатора заменена металлическим кубом, с соответствующей массой. Принимаем значение демпфера стойки амортизатора $k_x = 0,487$ Н/(мм/с).

Исследование проведем при условии работы амортизатора в одностороннем клапанном режиме. В связи с большой скоростью перемещения автомобиля результаты будут просчитываться с периодичность в 300 кадров в секунду.

Выполнив расчет, получаем траекторию движения конструкции. Данный расчет проводим при различных параметрах жесткости амортизатора (табл. 3).

Таблица 3 – Значение жесткости амортизатора

№ п.п	Значение жесткости амортизатора k_x , Н/(мм/с)
1	0,327
2	0,407
3	0,487
4	0,567
5	0,647

Результаты динамического исследования подвески

Основными результатами данной работы является влияние жесткости амортизатора, на линейные перемещения, скорость и ускорение штока амортизатора относительно цилиндра, а также кузова автомобиля относительно дорожного покрытия.

Визуальное отображение поведения элементов подвески представлено на рис. 3. Опишем процессы, протекающие в модели, при помощи полученных графиков при номинальных характеристиках подвески.

Отобразим графики происходящего в момент преодоления неровности, а именно перемещения скорости и ускорения движений штока амортизатора (для определения движения не подрессоренных масс) и движения кузова относительно (для определения комфорта движения автомобиля)

На графике изображены зависимости линейного перемещения поступательной скорости и поступательного ускорения штока амортизатора относительно его

цилиндра, в зависимости от времени, при котором автомобиль совершает наезд на препятствие (кочку). Рассмотрим более подробно временные отрезки (рис. 4, 5).

Участок 1-2 соответствует равномерному движению автомобиля по ровной дороге. В т. 2 наблюдается наезд на препятствие, при этом происходит резкое увеличение скорости вертикального движения элементов подвески. Некоторую плавность дополнительно

обеспечивает шина, упруго деформируясь под воздействием веса автомобиля. Точка 3 соответствует наибольшей скорости перемещения. Точка 4 соответствует потере контакта колеса с дорогой. Точка 5 указывает на максимальную величину сжатия амортизатора после потери контакта колеса с дорогой, в связи с тем, что неподрессоренные массы

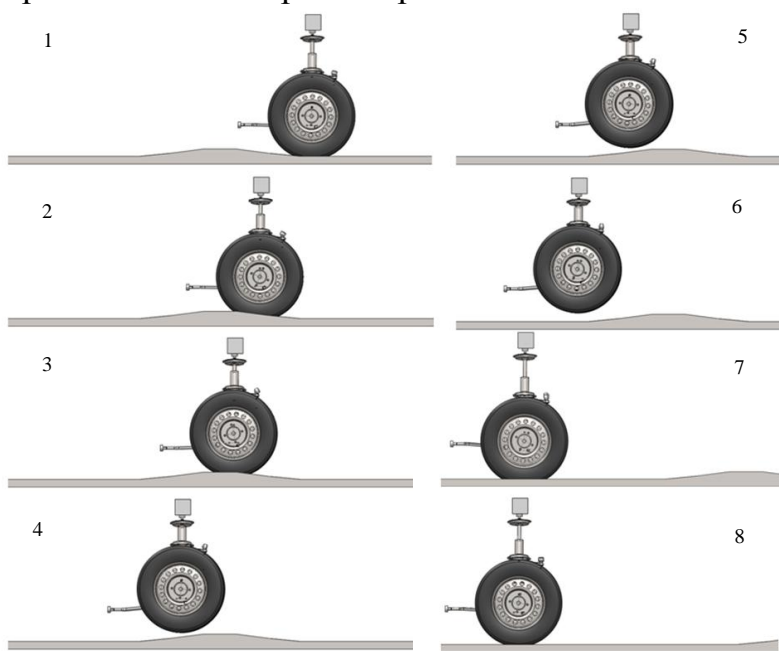


Рис. 3. Преодоление автомобилем неровности дороги (исходный вариант настройки подвески)

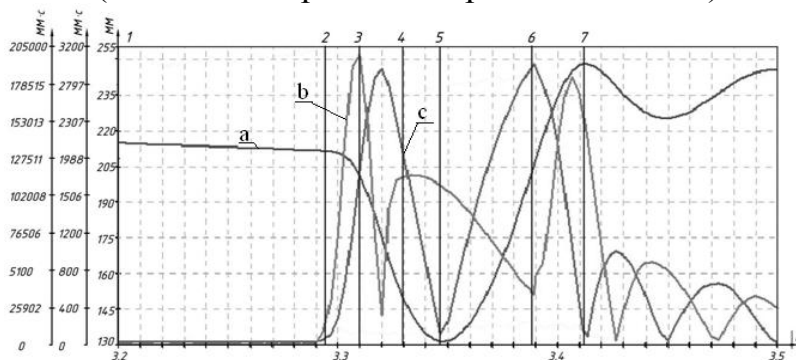


Рис. 4 - График линейного перемещения скорости и ускорения движения штока амортизатора: *a* – перемещение; *b* – скорость; *c* – ускорение

благодаря инерции продолжают движение вверх. Именно этот фрагмент напрямую зависит от силы на штоке амортизатора. Точка 6 соответствует приземлению автомобиля на дорогу. Отрезок 6...7 демонстрирует работу подвески после снижения

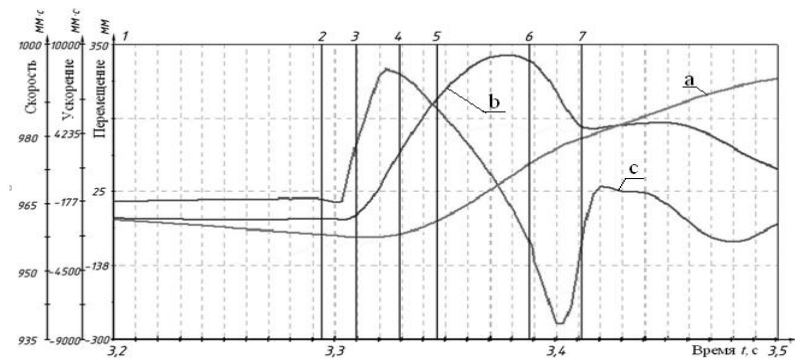


Рис. 5 – График линейного перемещения, скорости и ускорения движения кузова относительно дорожного покрытия: *a* – перемещение; *b* – скорость; *c* – ускорение

автомобиля, момент сжатия стойки амортизатора, последующие движение происходит по синусоидальному закону, с постепенным угасанием.

На рис. 5 изображены зависимости линейного перемещения поступательной скорости и поступательного ускорения кузова автомобиля относительно дорожного покрытия, в зависимости от времени, при котором автомобиль совершает наезд на препятствие (кочку). Временные точки соответствуют предыдущему графику.

При проведении эксперимента значения параметров для вышеуказанных точек занесены в табл. 3 – 8.

Таблица 4 – Величина перемещения цилиндра амортизатора относительно штока

Сила на штоке, Н/(мм/с)	Время, с					
	3,20...3,287	3,31	3,33	3,35	3,39	3,413
0,327	213	186	150	129	205	251
0,407	213	201	149	130	206	249
0,487	213	200	149	131	207	246
0,567	213	200	149	133	208	246
0,647	213	200	149	134	209	245

Таблица 5 - Скорость перемещения цилиндра амортизатора относительно штока

Сила на штоке, Н/(мм/с)	Время, с					
	3,20...3,29	3,31	3,33	3,35	3,39	3,41
0,327	0	2895	2144	92	3196	6
0,407	0	1875	2048	173	3095	489
0,487	0	1847	2003	241	2978	500
0,567	0	1869	1971	307	2832	88
0,647	0	1862	1922	360	2725	82

Таблица 6 - Ускорение цилиндра амортизатора относительно штока

Сила на штоке, Н/(мм/с)	Время, с					
	3,20...3,29	3,31	3,33	3,35	3,39	3,41
0,327	0	81842	108774	109006	41499	163149
0,407	0	201101	112446	107564	44586	183330
0,487	0	199693	115624	105912	47436	103523
0,567	0	198124	118442	104005	47048	131850
0,647	0	196407	121031	101911	38581	124862

Таблица 7 - Скорость перемещения кузова относительно дорожного покрытия

Сила на штоке, Н/(мм/с)	Время, с					
	3,20...3,29	3,31	3,33	3,35	3,39	3,41
0,327	0	22	92	223	325	184
0,407	0	24	103	236	314	174
0,487	0	25	115	249	290	163
0,567	0	24	127	265	296	152
0,647	0	23	139	275	287	142

Таблица 8 - Ускорение кузова относительно дорожного покрытия

Сила на штоке, Н/(мм/с)	Время, с					
	3,20...3,29	3,31	3,33	3,35	3,39	3,413
0,327	0	2853	7149	5566	-1858	-1628
0,407	0	3329	7597	5413	-3063	-1366
0,487	0	3735	8027	5225	-5185	-1400
0,567	0	4187	8375	4961	-4616	-1670
0,647	0	4616	8703	4713	-5064	-1658

Таблица 9 - Величина перемещения кузова относительно дорожного покрытия

Сила на штоке, Н/(мм/с)	Время, с					
	3,20...3,29	3,31	3,33	3,35	3,9	3,41
0,327	960	960	960	963	975	981
0,407	958	958	959	962	974	980
0,487	957	957	958	961	974	979
0,567	956	956	957	961	974	979
0,647	955	956	957	961	974	979

Анализ данных позволяет выявить большее перемещение штока амортизатора при меньших силах демпфирования, это связано с тем что после потери контакта кочки с дорогой не подрессоренные массы продолжают благодаря силе инерции, движение вверх, сопротивляясь только с силой на штоке амортизатора и жесткостью пружины.

Визуализация движения подвески дает нам понимания, о том, что происходит с неподрессоренными массами, и четко указывает на потерю контакта колеса с дорогой. На это указывает время снижения скорости движения амортизатора, в связи с касанием колеса с дорогой.

Четко выражена зависимость между жесткостью амортизаторов комфортом движения автомобиля, при большей жесткости амортизатора отчетливей заметны удары и перепады нагрузок,

Результаты указывают на повышение нагрузки на верхний шарнир крепления стойки амортизатора, явно выражение резким ростом скорости движения кузова вверх. Это особенно заметно на «жестких» амортизаторах. Также стоит отметить противоположную сторону – «мягкие» амортизаторы. Данные исследования демонстрируют более плавные увеличения скорости, что указывает на более комфортное движение автомобиля. Также недостатком таких амортизаторов является то, что колесо на больший период времени, по сравнению с более жесткими, теряло контакт с дорожным покрытием.

Выводы. Подбор параметров упругих и демпфирующих элементов конструкции подвески есть сложная и трудоемкая задача. К такому роду исследований предъявляют жесткие требования, связанные с обеспечением

надежного контакта колес автомобиля с дорожным покрытием и обеспечением комфортной езды. Условия движения транспортных средств по дорогам Украины требуют нахождения компромисса между этими требованиями.

С целью обеспечения наглядности и снижения трудоемкости подбора характеристик подвески MacPherson, разработана твердотельная её модель и исследованы динамические параметры данной подвески при наезде на препятствие.

Получены графические и аналитические зависимости позволяющие определить динамические характеристики кузова при различной жесткости амортизатора.

Список литературы: 1. *Осепчугов, В. В.* Автомобиль: анализ конструкции, элементы расчета: Учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. — М.: Машиностроение, 1989. — 304 с. 2. *Кузнецов, В. А.* Конструирование и расчет автомобиля. Подвеска автомобиля: Учебное пособие [Текст] / В. А. Кузнецов, И. Ф. Дьяков. — Ульяновск: УлГТУ, 2003. — 64 с. 3. *Дербаремдикер, А. Д.* Гидравлические амортизаторы автомобилей [Текст] / А. Д. Дербаремдикер. — М.: Машиностроение, 1969. — 236 с. 4. *Лукин, П. П.* Конструирование и расчет автомобиля [Текст] / П. П. Лукин, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. — М.: Машиностроение, 1984. — 386 с. 5. *Раймпель, Й.* Шасси автомобиля [сокр. пер. I тома 4 нем. изд. В.П. Агапова; Под ред. И.Н. Зверева] / Й. Раймпель. — М.: Машиностроение, 1983. — 365 с. 6. *Мешков, А.* Автомобильные амортизаторы [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://catalog.autodela.ru/article/view/3428>. 7. Современные технологии амортизаторов, подвесок Bilstein [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://amortizator.in.ua/stati-pro-amortizatory/25-sovremennyye-tehnologii-amortizatorov-podvesok-bilstein.html>. 8. *Алямовский, А. А.* SolidWorks/CosmosWorks 2006-2007. Инженерный анализ методом конечных элементов [Текст] / А. А. Алямовский — М.: ДМК, 2007. — 784 с. 9. *Алямовский, А. А.* SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике [Текст] / А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов, А. И. Харитонович, Н. Б. Пономарев. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 1040 с. 10. ВАЗ-2110, -2111, -2112 с двигателями 1,5, 1,5i, 1,6i. Устройство, обслуживание, диагностика ремонт. Иллюстрированное руководство. — М.: ООО «книжное издательство «За рулем», 2012. — 296 с.

Поступила в редколлегию 25.11.2013

УДК 629.017

Моделирование движения элементов подвески Macpherson на примере автомобилей семейства ВАЗ 2110/ В. П. Савчук // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. — Х: НТУ «ХП», — 2013. - № 70 (1043). — С.27-34 . — Бібліогр.: 10назв.

В статті приведено результати моделювання руху елементів конструкції підвіски MacPherson передньопривідних автомобілів сімейства ВАЗ 2110 при наїзді на купину. Приведені значення лінійного переміщення, швидкості та прискорення елементів підвіски в залежності від жорсткості амортизатора.

Ключові слова: підвіска, амортизатор, жорсткість, модель.

Compliance with the stiffness of the suspension to the operating conditions ultimately has an impact not only on the technical and economic performance of vehicles, and for their safety. The solution to such problems as soon as possible for the front wheel drive cars, use suspension MacPherson, possibly with the use of solid modeling program set.

The article gives a solid model, and the results of modeling the motion of structural elements of the suspension MacPherson front wheel drive cars VAZ 2110 at hitting a bump. The values of linear displacement, velocity and acceleration of the suspension depending on the damper. These results demonstrate the feasibility of the implementation of optimization based on the stiffness of the suspension of the requirements of security and a comfortable ride.

Keywords: suspension, shock absorber, stiffness, model.

УДК 681.518.54:621.926.3